

OVM环向无粘结预应力技术在东深供水工程中的应用

赵靖钊 李 琪 方中予 陈 标 刘 文

【摘要】大型预应力涵管的实际应用在国内尚属首例。本文介绍了东深涵管采用无粘结预应力衬砌后的优点,并对该涵管的结构特点、OVM新型锚具特点及其在工程中的应用施工进行了阐述。

【关键词】环型预应力 新锚固单元环锚 新锚固单元扁锚 无粘结预应力 东深 涵管

1. 工程概况

东深供水改造工程是向香港、深圳以及工程沿线东莞城镇提供饮用水及农田灌溉用水的跨流域大型调水工程。输水线路(改造段)全长约50km,其中有压输水段长度为3.3km,采用现浇无粘结预应力混凝土“内圆外城门洞型”管道(以下简称“涵管”)圆形薄壳涵管结构。涵管设计流量为45m³/s,管内径4800mm,上半环管壁厚道350mm,下半环管体外形为平底矩形,底宽为5500mm。

2. 涵管管身压力衬砌型式的选择及其特点

水工压力隧洞衬砌结构有多种型式,应用较多的有:钢板衬砌、钢筋混凝土衬砌、压力灌浆预应力衬砌和后张法预应力混凝土衬砌。

根据东深涵管的功用及结构特点,设计采用环型后张无粘结预应力混凝土衬砌,试验表明该结构型式具有一般预应力衬砌所不具备的优点,即:

2.1 可充分利用预应力筋的抗张强度承受高压内压;

2.2 衬砌厚度减薄,节约了较多的钢材,工程实践证明,后张预应力混凝土衬砌替代钢板衬

砌,可降低10%~30%的工程造价;

2.3 可缩短施工周期;

2.4 可使暂时产生的裂缝(如温度裂缝)重新闭合,对钢筋、锚索等起到很好的保护作用;

2.5 其应力分布比一般后张有粘结预应力混凝土衬砌更加均匀合理,减少了连接锚头和预留锚具槽个数等。

3. 涵管试验段的结构特点

本试验段长18米,分4节张拉,1~3节段长5米,第4节长3米。为了设计需要,设计院分别对环锚、扁锚两种锚具类型制定了两种设计方案。

第一节采用OVM新锚固单元环锚OVMHM15A-4T。此节段安装11束锚索,锚索间距45cm,锚具槽分布于涵管的上半圆周两侧,左侧5个,右侧6个间隔布置,锚具槽中心线与铅垂线成45°(见图1)。每束锚索由4根公称直径为15.2mm,强度为1860Mpa的高强低松弛无粘结钢绞线组成,每4根并排环绕一周后交汇于预留的锚具槽内。钢筋、锚索安装完成后,钢模就位浇筑混凝土,待强度达到设计要求后,用游动型锚具进行连接。游动型锚具集张拉端、固定端于一体,主要由锚板及夹片构成。通过专用变角张拉设备将锚索张拉并锁定于锚具槽中(见图2)。

赵靖钊:柳州市建筑机械总厂技术中心助理工程师

李 琪:广东水电二局C-II项目部总工

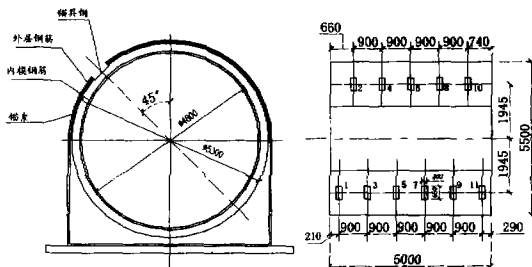


图1

这样，在锚索受张拉伸长变形时，涵管环混凝土受径向的挤压和环向的摩擦力，使涵管截面形成预应力预压应力。

张拉完成后，对锚具进行防腐，锚具槽回填同管身砼强度的无收缩砼进行防护封锚。

第二、三、四节采用OVM新锚固单元扁锚OVMBM15A-4T。以第二节试验段为例，该节段安装19束锚索，锚索间距25cm，锚具槽分布于涵管管壁两侧，每侧19个间隔布置，锚具槽中心线与水平线成 5° 。每束锚索由4根公称直径为15.2mm，强度为1860Mpa的高强低松弛无粘结绞线组成，每4根并排环绕一周后引出两侧锚具槽(见图3)。钢筋、锚索安装完成后，钢模就位浇筑混凝土，待强度达到设计要求后，两端用扁锚进行锚固，由图可见，该设计方案采用扁形锚具后，涵管上半管壁少了环锚锚具槽，管壁无形中加厚了。为了减少张拉端、固定端的应力损失，张拉方式采用两端同时张拉(见图4)。

张拉完成后，锚具钢绞线外露侧用橡胶板、

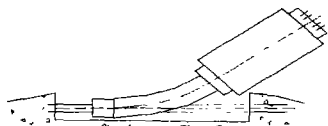


图2

钢夹板进行防腐处理，锚具槽回填同管身砼强度的无收缩砼进行防护封锚。

4. 新一代高性能、高效率锚固体系——OVM(A)型锚固体系

东深工程涵管锚具及渡槽部分锚具都采用了OVM新锚固单元，该锚固体系是为适应国内外预应力技术的发展和市场需要，在充分综合、吸收国内外先进锚具的研究成果，在现在OVM锚具成熟的技术、工艺、质量管理基础上，以1860Mpa级和2000Mpa级高强度绞线为锚固对象，对锚具组件进行了大量试验分析研究和理论分析研究，对原有OVM锚具的结构参数进行优化，开发出的具有优越锚固性能和结构轻巧的高性能、高效率新一代OVM锚具——OVM(A)

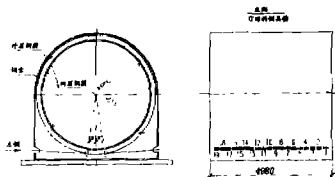
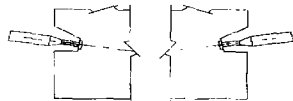


图4



型锚固体系。

和原有的OVM锚具相比，OVM(A)型锚具除具有结构轻巧合理外，还具有以下主要性能：

4.1 OVM(A)型锚具除了能可靠锚固1860Mpa级钢绞线外，同时也能可靠锚固2000Mpa级的高强度、低松弛预应力钢绞线。

4.2 OVM(A)型锚具具有优越的静载锚固性能，锚具效率在不考虑预应力筋的效率系数(0.97)时也满足 $\eta_A \geq 0.95$ ，延伸率 $\geq 2\%$ ，达到(FIP)1993《后张预应力体系验收建议》的要求。

4.3 经优化设计的OVM(A)型锚具下仅具有良好的静力性能，同时还具有优异的抗疲劳性能。按交通行业标准和国家标准，疲劳试验的应力幅度为80Mpa；按FIP93标准，疲劳试验的应力幅度要大于等于80Mpa，OVM(A)型锚具的疲劳试验的应力幅度为120Mpa，上限应力为 $0.65f_{pk}$ ，经200万次的抗疲劳性能试验。OVM(A)型锚具优异的抗疲劳性能大大超过了行业标准，达到国际先进水平，而锚具的抗疲劳性对无粘结预应力筋锚固显得尤为重要。

4.4 OVM(A)型锚具能够控制及调校钢绞线束的应力，提高了锚固单元在低应力状态下自锁的可靠性、安全性。所以，OVM(A)型锚具在低应力状态下具有可靠的锚固性能。

4.5 带有5°偏角的锚具组件，其锚固性能达到标准要求。

4.6 锚具在钢绞线平行状态下的锚口摩擦损失小于1%，在钢绞线有折角状态下(包括锚垫板喇叭口处)的锚口摩擦损失小于2.5%。

4.7 针对水工混凝土结构要求预应力锚具耐腐蚀的特点，结合我们在体外预应力体系工程应用中的成功经验，对锚具外磨钢绞线一侧用橡胶板、钢板板、保护帽、防腐油脂进行防腐处理，

所以该体系具有良好的防腐性能。

OVM(A)型锚具应用工艺继承了现有OVM锚具的优点，适用现有的张拉设备，具有可分级反复张拉、不需要顶压锚固、操作方便、锚固可靠、通用性好等特点，另外锚具重量的减轻，方便了工程施工。

5. 涵管试验段的施工

经试验段各节比较，考虑涵管上要回填土受压及环向应力分布，必须保证上半环管壁厚，所以设计采用扁锚结构方案。

由于大型预应力涵管的实际应用在国内尚属首例，所以预应力材料的质量与预应力施工质量则是影响工程质量最主要因素。

5.1 预应力锚固系统的选择

经业主、承建单位及有关供应商的现场试验，通过专家对有关预应力材料及张拉设备各项性能的比较评定，最终选定如下材料：

5.1.1 无粘结钢绞线：由天津市预应力二厂提供，其各项质量与性能符合美国标准ASTM416、英国BSS5896及中国标准JG3006-93的相应要求。

5.1.2 锚具：选定广西柳州市建筑机械总厂(OVM)生产的OVM-BM15A-4型扁锚，锚具各项性能指标符合中国规范GB/T14370中规定的I类锚具和欧洲规范Eurocode2，要求其在控制张拉作用下钢绞线在锚具内的总回缩量不大于6mm；

5.1.3 张拉设备：选定广西柳州市建筑机械总厂(OVM)生产的YDC240QX前卡式千斤顶、ZB4-500油泵。

5.2 涵管预应力施工工艺

5.2.1 张拉装置

每束锚索4根钢绞线，每根两端用两台同规格的千斤顶同时进行张拉如图4所示。

5.2.2 施工工艺流程图(见图5)

6. 结束语

东深供水改造工程大型涵管使用环型后张无粘结预应力在国内尚属首例。与有粘结环向预应力相比,无粘结环向预应力技术的突出优点是摩擦损失小,预应力分布更为均匀,有效地利用了

锚索的性能,同时对整个衬砌在浇筑时产生的裂缝有很好的闭合作用,无需预留孔道和回填灌浆,简化施工工艺和保证结构整体性能。该预应力结构形式为今后“南水北调”等大型水工程起到很好的借鉴作用。

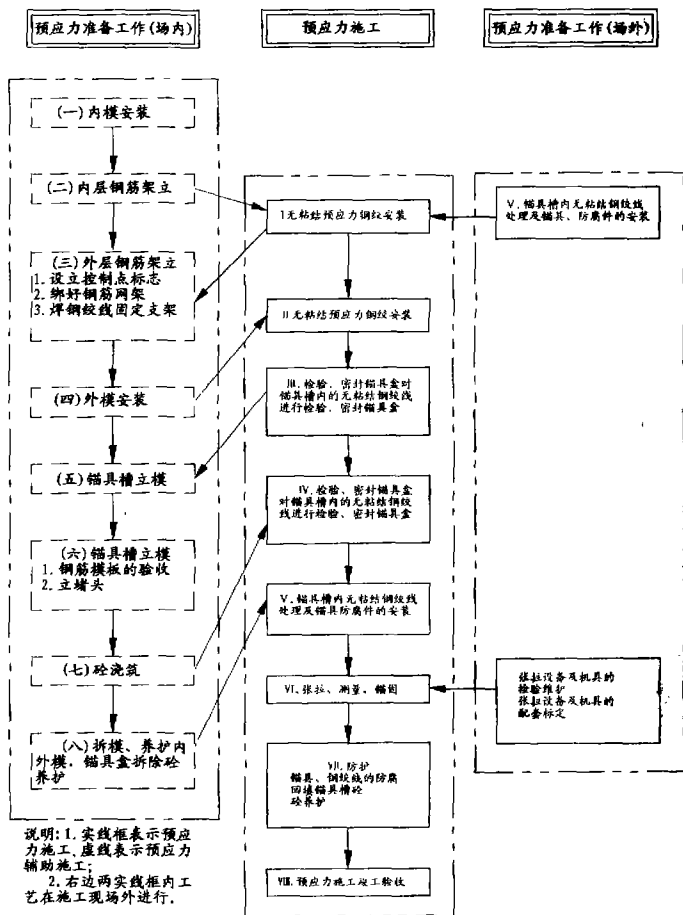


图 5